认知负荷和编码方式对不同学业成就小学生前瞻记忆及其成分的影响[1]

张曼曼 林秋蓉 陈幼贞*

（福建师范大学心理学院 福州 350117）

摘 要：通过两个实验探讨认知负荷对不同学业成就小学生前瞻记忆及其成分的影响，以及是否可以通过执行意向编码提高学业不良小学生前瞻记忆及其成分的成绩。实验一结果显示学业不良生前瞻记忆、前瞻成分及回溯成分正确率显著低于学优生，高认知负荷条件前瞻记忆、前瞻成分及回溯成分的正确率显著低于低认知负荷条件；实验二结果显示执行意向编码条件下，学业不良生前瞻记忆成绩显著好于标准编码条件，前瞻成分和回溯成分的正确率高于标准编码条件。结果表明学业不良生前瞻记忆及其成分表现差于学优生；无论认知负荷高低，执行意向编码均可通过提升前瞻成分和回溯成分改善学业不良生前瞻记忆表现。

关键词：前瞻记忆，前瞻成分，回溯成分，学业成就，认知负荷，编码方式

1 引言

前瞻记忆(prospective memory, PM)是一种关于未完成意向的记忆，指在将来合适的时间或情境下执行提前规划好的事件或活动的记忆(Einstein & Mcdaniel, 1990；郭云飞 等，2016）。前瞻记忆的执行过程中涉及到两种成分：前瞻成分和回溯成分。前瞻成分指个体记得在恰当的时间采取行动或者对恰当的目标事件进行反应；回溯成分指记住将要执行任务的内容（记住要执行的活动和正确的目标事件）(Einstein & Mcdaniel, 1990)。前瞻成分涉及对前瞻记忆线索的觉察，主要与注意相关；而回溯成分涉及对意向内容的回忆和提取，为意识控制过程。前瞻成分和回溯成分的共同参与促进了前瞻记忆任务的成功执行，任何一个成分的失败都会导致前瞻记忆失败。研究表明幼儿(e.g., Zimmermann & Meier, 2006)、青少年(10-14 岁)（e.g.,Zimmermann & Meier, 2010)、老年人（如，陈思佚，周仁来，2010）的前瞻记忆表现失败是由前瞻成分成绩差导致的；然而也有研究表明根据目标特征、情绪效价等不同，前瞻记忆失败可能受到两种成分的影响不同(如李小美（2020）发现前瞻负荷和回溯负荷对中性目标的前瞻成分和回溯成分有消极影响；连艳（2020）发现具体性目标对前瞻成分和回溯成分都有促进作用。因此，前瞻记忆表现不足和其成分之间的关系还有待进一步探索。

学业不良是指个体的智力正常，但其实际学习成绩和其智力潜能所能达到的学习成绩之间存在差异（董云英 等，2008；张红霞 等，2016）。学业不良生是普遍存在的群体，6-17 岁群体中有 4%-5%属于学业不良生(Alotaibi & Ali，2021)。已有研究表明，学业不良学生前瞻记忆表现较差(Alotaibi & Ali，2021；Kerns, 2000)，从成分的角度看，有研究表明学业不良生的前瞻成分成绩比正常学生差，而回溯成分表现和正常儿童无显著差异，学业不良生的前瞻记忆缺陷主要是由前瞻成分受损导致的(张红霞 等, 2016)；然而也有研究指出学业不良生的回溯成分成绩差，学业不良生在编码、存储以及提取阶段存在缺陷，应该从干预学业不良生的回溯记忆方面着手来提高其前瞻记忆成绩(Alotaibi & Ali，2021)。因此探索学业不良生前瞻记忆表现及其成分之间的关系具有重要意义。

1 本文系福建省教育厅高校新世纪优秀人才支持计划项目：学业不良生前瞻记忆两种成分的影响因素、机制与提升策略（20180495）资助。

认知负荷会影响学业不良生的前瞻记忆成绩，通过操作进行中任务的难易程度可以控制认知负荷的高低。进行中任务高负荷条件下的前瞻记忆表现比进行中任务低负荷条件差(Chen et al., 2017; Meier & Zimmermann, 2015; 毕蓉 等, 2019; 陈幼贞 等, 2021; 王丽 等,2016; 张振宁, 2016)。并且在高认知负荷条件下，学业不良生的前瞻记忆表现受到的影响比学优生大(Chen et al., 2017)。研究表明进行中任务负荷对回溯成分会产生影响， 而不影响前瞻成分的表现(Meier & Zimmermann, 2015)，然而也有研究发现进行中任务负荷主要影响前瞻成分表现，而对回溯成分没有影响（陈幼贞 等，2021; 侯宗树，2020）。张红霞等（2016）研究发现学业不良生前瞻记忆表现较差主要由前瞻成分导致，她主张学业不良生存在注意缺陷，很难有足够的认知资源完成对前瞻记忆目标的预备注意加工，导致前瞻成分成绩下降进而影响到前瞻记忆表现。因此认知负荷对不同学业成就学生前瞻记忆的影响主要由哪种成分起作用尚无定论，实验一旨在已有研究的基础上，探讨认知负荷对不同学业成就学生前瞻记忆的影响是由哪种成分导致的。

是否可以通过改变认知资源需求来改善学业不良生以及高认知负荷条件下的前瞻记忆成绩呢？已知执行意向编码是提高前瞻记忆表现的有效编码策略(陈幼贞 等, 2021; 干加裙 等, 2017; 干加裙 等, 2020)，它采用“如果情况 X 出现，那么就执行意向行为 Y”的形式，通过加强意向和行为之间的联系，引发认知资源的反应，促进前瞻记忆意向的自发提取(Rummel et al., 2012)。有研究表明，即使进行中任务负荷高，个体可用认知资源减少，采用执行意向编码依旧可以提高大学生的前瞻记忆成绩，即执行意向编码策略在认知资源受限的情况下，依然可以发挥优势作用(Mcdaniel et al., 2008)。然而，执行意向编码对不同年龄个体的作用不同，Zimmermann 和 Meier(2010)发现执行意向编码是减少前瞻记忆年龄差异的有效方法，可以显著改善前瞻成分的成绩，但他们没有考察执行意向编码对儿童前瞻记忆表现的效果。儿童的前瞻记忆表现比青少年和年轻人更差(Kretschmer-Trendowicz et al.,2021), 且其认知功能还未充分发展，采用执行意向编码减少认知控制需求，在执行前瞻记忆任务和进行中任务时，儿童应该更能从中获益。王光武（2010）研究发现执行意向编码可以提高小学儿童和初二学生的前瞻记忆成绩，但也有研究发现执行意向编码不能提高儿童和青少年的前瞻记忆表现(Kretschmer-Trendowicz et al., 2021)。执行意向编码对儿童前瞻记忆的优势效应仍然有争议以及对哪一成分有促进效应仍然有待进一步研究，且鲜有研究探讨执行意向编码在不同认知负荷条件下对学业不良生前瞻记忆及其成分的影响，因此实验二旨在进一步探索执行意向编码方式对前瞻记忆表现的提升效果，能否扩展到学业不良儿童，且特别有利于提高高认知负荷条件下的前瞻记忆成绩，并厘清不同编码方式对不同认知负荷条件下学业不良生前瞻记忆两种成分的影响。

在已有研究的基础上，本研究假设：（1）学业不良生的前瞻记忆表现比学优生差，且前瞻成分的表现差于学优生；（2）高认知负荷条件下，学业不良生和学优生的前瞻记忆、前瞻成分和回溯成分表现都比低认知负荷条件差；（3）执行意向编码可以提高不同认知负荷条件下的前瞻记忆表现，并主要体现在前瞻成分上。

2 实验一 认知负荷对不同学业成就小学生前瞻记忆及其成分的影响

2.1 方法

2.1.1 被试

使用 G*Power3.1.9.2 对所需样本量进行先验分析，设置效应量为中等效应（f

= 0.25)，显著性水平为 α =0.05，power 为 0.80，得出总样本量至少为 34。考虑到被试不配合等因素的影响，从福建省龙岩市某小学筛选出 38 名被试，其中学业不良生 20 名(M=11.50, SD=0.50)，学优生 18 名(M=11.33, SD=0.88)。通过定量（采用标准分比较法，比较瑞文智力测验和最后一次期末考试成绩 Z 分数的差值 Z_{dif}，如果 Z_{dif} 大于 $Z_{0.10}$ =1.28, 则推断为学业不良儿童）和定性（邀请班主任和数学老师根据学业不良的定义进行数学成绩和智力的综合评定，挑选适合的学生）方法相结合筛选学业不良生，同时排除智力测验得分小于 70 和大于 130 的人群（董云英 等，2008）。学优生采取学业成绩筛选法和教师评定法，即至少连续两次数学考试成绩进入班级前 15%，并且任课教师评定其数学学业成绩优秀。所有学生第一次参加类似实验，采用单独施测的方式进行实验，实验结束后获得精美小礼品一份。

2.1.2 实验设计

采用 2（学业成就：学优生、学业不良生）×2（进行中任务认知负荷水平：高、低）混合实验设计。其中进行中任务认知负荷水平为被试内变量，学业成就为被试间变量，认知负荷水平在被试间进行平衡。因变量为前瞻记忆、进行中任务、前瞻成分和回溯成分的正确率与反应时。

2.1.3 实验材料

采用扑克牌作为实验材料，分别是 1-10 的黑白梅花和黑桃扑克牌图片 20 张。黑桃 7 为前瞻记忆目标材料，剩余的扑克牌为进行中任务材料。

2.1.4 实验任务

进行中任务：高负荷条件下（n=2），要求被试判断当前呈现的扑克牌与前面呈现的第二张扑克牌是否一致；低负荷条件下（n=1），要求被试判断当前呈现的扑克牌与上一张扑克牌是否一致；如果相同按 J 键，如果不同按 K 键。采用 Meier 和 Zimmermann(2015)的成分分离方法进行前瞻记忆成分的分离。前瞻记忆任务：要求被试在实验开始后左手食指一直按住键盘左边 shift 键，前瞻记忆目标黑桃 7 出现时，左手食指立即松开 shift 键，并且用左手食指去按 W 键。前瞻成分成绩为前瞻记忆目标词出现到被试松开 shift 键的反应；回溯成分成绩为松开 shift 键到正确按 W 键的反应。

2.1.5 实验程序

采用 e-prime2.0 编制实验程序，并在电脑上进行呈现。如图 1 所示，首先呈现进行中任务指导语，确保被试理解之后，指导被试执行 30 个试次的练习阶段。然后呈现双任务范式指导语，被试理解之后进行正式实验阶段（包括 2 个 block-高认知负荷和低认知负荷，2 个 block 顺序在被试间进行平衡），前瞻记忆任务嵌于进行中任务之中。每个 block 有 4 个前瞻记忆目标试次（黑桃 7 出现 4 次）和 76 个进行中任务试次组成。具体材料呈现顺序如图 2 所示，图片呈现之前，电脑屏幕上会呈现一个“+”注视点（500ms），之后呈现扑克牌（3000ms），要求被试对扑克牌进行操作，被试做出操作或者 3000ms 结束，会呈现一个空屏，之后到下一个循环。

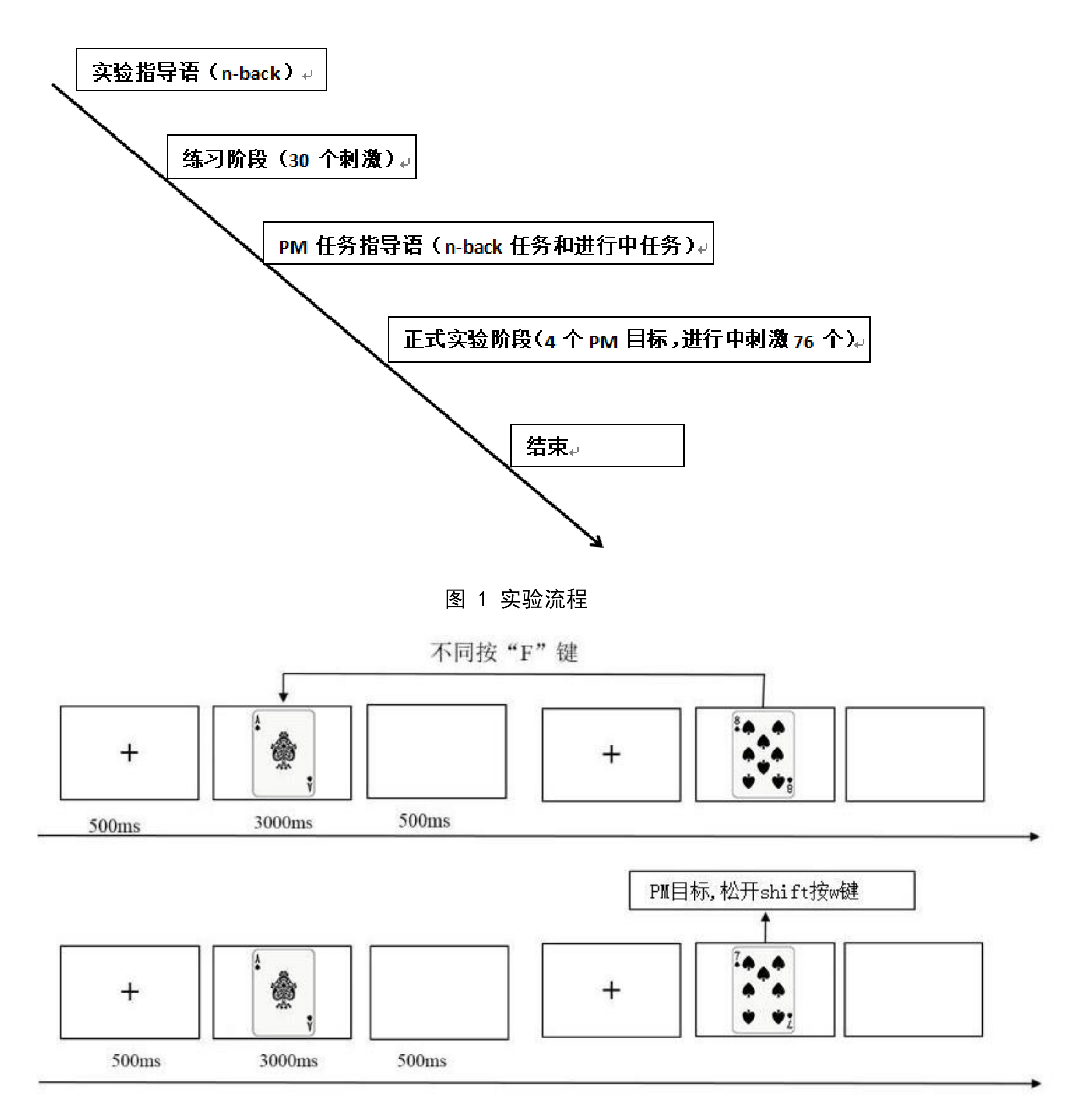


图 1 实验流程

图 2 刺激流程图

2.2 结果与分析

剔除 3 个标准差以外的数据，剩余有效数据 36 个，其中学优生 17 人，学业不良生 19 人。采用 SPSS20.0 对所得数据进行统计分析。

2.2.1 前瞻记忆成绩

高、低认知负荷条件下，学优生和学业不良生前瞻记忆成绩的正确率和反应时如表 1 所示。首先对前瞻记忆的正确率、反应时分别进行 2 （进行中任务认知负荷：高、低）×2（学生类别：学优生、学业不良生）重复测量方差分析。

表 1 前瞻记忆的成绩

认知负荷	学生类别	前瞻记忆*M*(*SD*)	
		正确率	反应时（ms）
高	学优生	0.37(0.37)	2273(335)
	学业不良生	0.14(0.27)	2443(228)
低	学优生	0.56(0.31)	2323(881)

	学业不良生	0.24(0.35)	2666(637)

正确率方面：进行中任务认知负荷主效应显著，$F(1,34)=9.44$，$p=0.004$，$\eta_p^2=0.22$，低认知负荷条件下学生前瞻记忆的正确率要显著高于高认知负荷条件下；学生类别主效应显著，$F(1,34)=7.70$，$p=0.009$，$\eta_p^2=0.19$，学优生的前瞻记忆正确率高于学业不良生。进行中任务认知负荷与学生类别的交互作用不显著，$F(1, 34)=1.56$，$p=0.290$。

反应时方面：进行中任务认知负荷的主效应不显著，$F(1,34)=1.35$，$p=0.253$，学生类别的主效应不显著，$F(1,34)=2.86$，$p=0.100$；两者交互作用也不显著，$F(1, 34)=0.548$，$p=0.464$。

2.2.2 前瞻记忆两种成分

为了考察认知负荷高低对不同学业成就学生前瞻记忆两种成分的影响，分别对前瞻记忆两种成分的正确率和反应时进行 2（进行中任务认知负荷：高、低）×2（学生类别：学优生、学业不良生）重复测量方差分析，描述统计部分如表 2 所示。

表2 前瞻记忆两种成分的成绩

认知负荷	学生类别	前瞻成分		回溯成分	
		正确率	反应时（ms）	正确率	反应时（ms）
高	学优生	0.37（0.37）	1805（355）	0.65（0.50）	468（162）
	学业不良生	0.20（0.28）	1976（323）	0.22（0.43）	534（109）
低	学优生	0.56（0.31）	1693（785）	1.00（0.00）	630（283）
	学业不良生	0.26（0.35）	2114（576）	0.33（0.49）	551（158）

对前瞻成分正确率的分析发现，认知负荷的主效应显著，$F(1,34)=9.28$，$p=0.004$，$\eta_p^2=0.21$，低认知负荷条件的前瞻成分正确率显著高于高认知负荷条件；学生类别的主效应显著，$F(1,34)=5.30$，$p=0.028$，$\eta_p^2=0.14$，学优生的前瞻成分正确率高于学业不良生；认知负荷与学生类别的交互作用不显著，$F(1,34)=2.21$，$p=0.146$。对前瞻成分的反应时进行分析发现，认知负荷主效应不显著，$F(1,34)=0.02$，$p=0.888$；学生类别的主效应不显著，$F(1,34)=3.79$，$p=0.060$；二者交互作用也不显著，$F(1,34)=1.72$，$p=0.199$。

对回溯成分正确率的分析发现，认知负荷主效应显著 $F(1,34)=10.98$，$p=0.002$，$\eta_p^2=0.25$，低认知负荷条件的回溯成分正确率显著高于高认知负荷条件；学生类别的主效应显著，$F(1,34)=21.05$，$p<0.01$，$\eta_p^2=0.39$，学优生的回溯成分正确率高于学业不良生；认知负荷和学生类别的交互作用不显著，$F(1,33)=2.98$，$p=0.094$。对回溯成分反应时的分析发现，认知负荷主效应显著，$F(1,34)=5.60$，$p=0.024$，高负荷条件的反应时低于低负荷条件；学生类别的主效应不显著，$F(1,34)=0.01$，$p=0.906$；认知负荷高低和学生类别的交互作用不显著，$F(1,34)=3.68$，$p=0.063$；其他条件不存在显著差异，$ps>0.154$。

2.2.3 进行中任务成绩

为了考察认知负荷高低对不同类别学生的进行中任务表现（见表3）的影响，同样对进行中任务的正确率和反应时进行2×2的重复测量方差分析。

表3 进行中任务成绩

认知负荷	学生类别	进行中任务成绩	
		正确率	反应时（ms）
高	学优生	0.80（0.07）	1879（664）
	学业不良生	0.66（0.11）	1432（461）
低	学优生	0.90（0.06）	1221（435）
	学业不良生	0.87（0.07）	1197（310）

对进行中任务正确率的分析发现，认知负荷主效应显著，F（1,34）=68.53，p<0.001，η_p^2=0.67，低认知负荷条件下进行中任务正确率要显著高于高认知负荷条件；学生类别主效应显著，F（1,34）=17.80，p<0.001，η_p^2=0.34，学优生的进行中任务正确率高于学业不良生；认知负荷高低和学生类别的交互作用显著，F（1,34）=8.67，p=0.006，η_p^2=0.20。进一步简单效应检验显示，在高认知负荷水平中，学优生进行中任务正确率显著高于学业不良生，F（1,34）=19.55，p<0.001，90% CI = [0.15, 0.52]；而在低认知负荷水平中，学生类别主效应不显著，F（1,34）=2.22，p =0.146；在学优生类别水平中，低认知负荷条件的正确率显著高于高认知负荷条件的正确率，F（1,34）=13.48，p<0.001，90% CI = [0.09, 0.45]；在学业不良生类别水平中，低认知负荷条件的正确率显著高于高认知负荷条件正确率，F（1,34）=66.68，p<0.001，90% CI = [0.48, 0.75]。

对进行中任务反应时的分析发现，认知负荷主效应显著，F（1,34）=39.59，p<0.001，η_p^2=0.54，低认知负荷条件下的进行中任务反应时显著快于高认知负荷条件；学生类别主效应不显著，F（1,34）=2.70，p=0.110；认知负荷和学生类别交互作用显著，F（1，34）=8.85，p =0.005，η_p^2=0.21。进一步简单效应检验显示，在高认知负荷水平中，学优生进行中任务反应时显著长于学业不良生，F（1，34）=5.60, p=0.024, 90% CI = [0.01, 0.31]；在低认知负荷条水平中，学生类别主效应不显著，F（1，34）=0.04, p=0.844。在学优生类别水平中，低认知负荷条件的反应时显著低于高认知负荷条件的反应时，F（1，34）=40.68, p<0.001, 90% CI = [0.34, 0.66]；在学业不良生类别水平中，低认知负荷条件的反应时显著低于高认知负荷条件的反应时，F（1，34）=5.83, p =0.021，90% CI = [0.01, 0.32]。

2. 3 小结

实验一支持了 Chen 等(2017)的研究，学业不良生的前瞻记忆正确率低于学优生。同时进一步发现与学优生相比，学业不良生的前瞻成分和回溯成分的正确率都更低，表明学业不良生的前瞻记忆缺陷是前瞻成分和回溯成分共同导致的，部分支持了假设一的观点。

与假设 2 一致，高认知负荷条件下前瞻记忆、前瞻成分和回溯成分正确率都低于低认知负荷条件。高负荷条件下，前瞻记忆的执行需要较高的注意资源需求，任务难度相对更大，因此执行成绩相对较差。

前瞻记忆表现对学业成就、日常生活有重要影响，因此探索能够提高学业不良生前瞻记忆表现的策略十分必要。研究表明，执行意向编码能够促进意向-行为的自发提取，是促进未来意向执行的最有前途的策略(Rummel et al., 2012)，但

执行意向编码是否可以提高学业不良生的前瞻记忆成绩以及对不同成分的影响还缺少有效证据，因此我们进一步实施了实验 2 来探究执行意向编码对不同认知负荷条件下学业不良生前瞻记忆及其两种成分的影响。

3 实验二 编码方式、进行中任务认知负荷对学业不良生前瞻记忆及其成分的影响

3.1 方法

3.1.1 被试

参照实验一的标准，实验二至少需要 34 名被试。从福建省某小学的五年级各个班级选取数学学业不良生 60 名(*M*=11.32, *SD*=0.53)。学业不良生的选取方法与实验一相同。所有参与实验的被试都未曾参加过类似的实验且都为单独施测。

3.1.2 实验材料

与实验一相同。

3.1.3 实验设计

采用 2 编码方式（标准编码、执行意向编码）×2 认知负荷（高、低) 混合实验设计。认知负荷为被试内变量，编码方式为被试间变量，前瞻记忆、前瞻成分和回溯成分的正确率和反应时为因变量。认知负荷的实施顺序在被试间平衡。

3.1.4 实验程序

除了指导语不同外，其他程序与实验一条件相同。标准编码的前瞻记忆任务指导语是：当你遇见黑桃 7，不用比较相同与否，直接松开 shift 健，按 W 键，读 4 遍。执行意向编码指导语是：**如果**你遇见黑桃 7，**那么**松开 shift 健，按 W 键（使用“if-then 的编码形式”)，并要求被试将“如果你遇见黑桃 7，松开 shift 健，按 W 键”重复 4 遍，并在脑海中想象四次在进行实验过程中遇到黑桃 7，松开 shift 健，按 W 键的动作。

3.2 结果与分析

实验采用 SPSS20.0 对不同目标条件下的反应时、正确率进行统计分析剔除 3 个标准差以外的数据，剩余有效数据 56 个。

3.2.1 前瞻记忆表现

对不同编码方式和认知负荷的前瞻记忆正确率和反应时（见表 4）分别进行 2（编码方式:标准编码、执行意向编码）×2（进行中任务的认知负荷：高、低) 重复测量方差分析。

表4 前瞻记忆的表现

认知负荷	编码方式	前瞻记忆	
		正确率	反应时（ms）
高	标准编码	0.14(0.27)	2627(614)
	执行意向编码	0.40(0.43)	2208(650)
低	标准编码	0.28(0.36)	2452(265)
	执行意向编码	0.50(0.38)	2174(490)

前瞻记忆的正确率方面的结果显示，认知负荷主效应显著，*F*（1，54）=8.76，p=0.005，η_p^2=0.14，低认知负荷条件的前瞻记忆正确率要显著高于高认知负荷条件；编码方式主效应显著，*F*（1，54）=6.97，p=0.011，η_p^2=0.11，执行意向编

码条件的正确率高于标准编码条件；认知负荷和编码方式的交互作用不显著，F（1，54）=1.19，p=0.664。

在前瞻记忆的反应时上，认知负荷主效应不显著，F（1，54）=1.33，p=0.254；编码方式主效应显著，F（1，54）=10.21，p=0.002，η_p^2=0.16，执行意向编码条件的反应速度显著快于执行标准编码条件反应时；二者交互作用不显著，F（1，54）=0.60，p=0.443。

3.2.2 前瞻记忆两种成分

为了考察进行中任务的认知负荷高低以及编码方式对学业不良生前瞻记忆两种成分（见表 5）的影响，分别对其前瞻记忆两种成分的正确率和反应时进行 2（编码方式:标准编码、执行意向编码）×2（进行中任务的认知负荷：高、低)重复测量方差分析。

表5 前瞻记忆两种成分的表现

认知负荷	编码方式	前瞻成分		回溯成分	
		正确率	反应时（ms）	正确率	反应时（ms）
高	标准编码	0.19（2.29）	2031（498）	0.25（0.43）	596（415）
	执行意向编码	0.41（0.43）	1863（774）	0.60（0.50）	589（576）
低	标准编码	0.30（0.35）	1967（236）	0.46（0.51）	503（177）
	执行意向编码	0.51（0.39）	1655（462）	0.73（0.45）	525（396）

前瞻成分正确率分析结果显示，认知负荷主效应显著，F（1，54）=7.54，p=0.008，η_p^2=0.12，低认知负荷条件的前瞻成分正确率高于高认知负荷条件；编码方式主效应显著，F（1，54）=5.34，p=0.025，η_p^2=0.09，执行意向编码的前瞻成分正确率高于标准编码条件下的；认知负荷和编码方式的交互作用不显著，F（1，54）=0.006，p=0.939。

在前瞻成分反应时上认知负荷主效应不显著，F（1，54）=2.32，p=0.134；编码方式主效应显著，F（1，54）=4.56，p=0.037，η_p^2=0.08，执行意向编码条件的反应时显著长于标准编码条件；认知负荷和编码方式的交互作用不显著，F（1，54）=0.65，p=0.43。

对回溯成分正确率进行重复测量方差分析结果显示，认知负荷的主效应显著，F（1，54）=11.09，p=0.002，η_p^2=0.17，低认知负荷的条件下回溯成分的正确率会显著高于高认知负荷条件下的；编码方式主效应显著，F（1，54）=6.99，p=0.011，η_p^2=0.12，执行意向编码条件下回溯成分的正确率会显著高于标准编码条件的；认知负荷和编码方式的交互作用不显著，F（1，54）=0.73，p=0.396。

同样对回溯成分反应时进行分析发现认知负荷主效应不显著，F（1，54）=1.06，p=0.308；编码方式的主效应不显著，F（1，54）=0.01，p=0.930；认知负荷高低和编码方式的交互作用不显著，F（1，54）=0.04，p=0.852。

3.2.3 进行中任务表现

为考察不同认知负荷以及编码方式对学业不良生进行中任务表现（见表 6）的影响，分别对其进行中任务的正确率和反应时进行 2（编码方式:标准编码、执行意向编码）×2（进行中任务的认知负荷：高、低)重复测量方差分析。

表6 进行中任务表现

认知负荷	编码方式	进行中任务表现	
		正确率	反应时（ms）

高	标准编码	0.69（0.11）	1521（504）
	执行意向编码	0.66（0.15）	1430（546）
低	标准编码	0.85（0.08）	1286（436）
	执行意向编码	0.77（0.17）	1331（558）

正确率方面：认知负荷主效应显著，F（1，54）=40.33，p <0.001，η_p^2=0.43，在低认知负荷条件的学业不良生进行中任务的正确率会显著高于高认知负荷条件；编码方式主效应不显著，F（1，54）=2.93，p=0.093；认知负荷和编码方式的交互作用不显著，F（1，54）=1.24，p=0.270。

反应时方面：认知负荷主效应显著，F（1，54）=11.60，p=0.001，η_p^2=0.18，低认知负荷条件下的进行中任务的反应速度显著快于高负荷条件下的；编码方式主效应不显著，F（1，54）=0.03，p=0.861；认知负荷和编码方式的交互作用不显著，F(1, 54) =1.95，p=0.169。

3. 3 小结

实验二验证了实验一的发现，即低认知负荷条件下，被试的前瞻记忆、前瞻成分、回溯成分和进行中任务成绩都比高认知负荷条件下的好。

相比于标准编码，执行意向编码更有效地提高前瞻记忆表现，且不影响进行中任务的完成，证实了假设 3，即通过采用执行意向编码，学业不良生的前瞻记忆成绩得以显著提升，且并不占用进行中任务的认知资源。此外，执行意向编码可以显著提升学业不良生前瞻成分和回溯成分的正确率，表明执行意向编码可以提高前瞻成分和回溯成分成绩。但执行意向编码条件下前瞻记忆反应时的差异是由前瞻成分反应时的差异导致的，这也支持了假设 3。

4 总讨论

4. 1 学业不良生和学优生前瞻记忆及其成分表现的差异

本研究发现，学优生的前瞻记忆的正确率高于学业不良生，学业不良生的前瞻记忆表现较差，验证了张红霞等（2016）、Chen 等(2017)的研究，学业不良生的前瞻记忆表现逊于学优生。原因可能在于：学业不良生的中央执行功能等能力弱于学优生（纪莉莉，2012），而中央执行功能完善与否和前瞻记忆表现之间具有直接关系 (Mahy et al., 2014)，因此导致学业不良儿童不能很好地完成前瞻记忆任务。但在反应时方面没有差异，这表明正确率可能是一个比反应时更加灵敏的指标。下文将从成分分离的角度探讨学业不良生前瞻记忆表现较差的具体原因。

本研究发现相比于学优生，学业不良生前瞻记忆表现较差是由前瞻成分和回溯成分成绩较差导致的。这一发现与前人研究不同。张红霞等（2016）发现学业不良生前瞻记忆成绩下降是由前瞻成分成绩下降导致的，学业不良生注意资源匮乏，很难有足够的认知资源从事对前瞻记忆线索的预备注意加工，从而表现出前瞻成分成绩的下降；在注意到前瞻记忆目标线索的前提下，识别出前瞻记忆目标线索并做出恰当反应的能力（即回溯成分成绩）与正常儿童没有显著差异。而本研究发现即使能够成功识别前瞻记忆目标，学业不良生正确提取前瞻意向内容的能力也较差。学业不良小学生在执行功能的三个子成分（抑制、刷新和转换）方面存在不足(任偲，蔡丹, 2019)，其中转换（即当个体需要完成两项同一认知资源的任务时，在两项任务的不同操作规则和心理定势间灵活转换；见 Mahy et al., 2014）和抑制与回溯成分提取紧密相关(Zimmermam & Meier, 2006)，学业不良小

学生可能较难成功从进行中任务顺利切换到前瞻记忆意向内容。回溯成分成绩在前瞻记忆表现中存在争议可能是因为成分分离方法和研究群体的差异，张红霞等（2016）采用多项加工树模型，调查的研究对象为初一学生，而本研究采用实验方法进行成分分离，调查的研究对象为小学五年级学生。从儿童到青少年时期个体的执行功能和回溯记忆不断发展共同驱动了前瞻记忆的发展（见 Mahy et al., 2014; Kretschmer-Trendowicz et al.,2021），初一学生的回溯记忆表现优于五年级小学生，小学五年级学生在使用记忆策略方面的能力弱于初一学生，因此回溯成分不足也影响了学业不良小学生的前瞻记忆成绩。另外 Zimmermam 和 Meier(2006)指出不同年龄群体的前瞻记忆表现在整个生命周期中呈倒 U 性曲线的趋势，前瞻成分在童年期上升，在老年期下降；回溯成分方面在其他年龄阶段缓慢发展（4-6 岁、13-14 岁、19-26 岁和 55-65 岁没有显著差异），在老年期显著下降。因此，后续可以就年龄因素对学业不良生前瞻记忆及其成分的影响以及学业不良生前瞻记忆表现差的原因等问题，作进一步研究。

4. 2 认知负荷对学优生和学业不良生前瞻记忆表现及其成分的差异影响

低认知负荷条件的前瞻记忆正确率高于高认知负荷条件，表明前瞻记忆任务和进行中任务互相竞争认知资源，当进行中任务认知负荷高时，前瞻记忆表现下降。相比于高认知负荷，在低认知负荷条件下，个体可用的认知资源更多，前瞻记忆表现也更好，证明了当通过进行中任务的难易程度操纵认知资源的可用性时，会对前瞻记忆成绩产生直接影响(Kretschmer-Trendowicz et al., 2021)。工作记忆认知负荷高时，学业不良生和学优生的进行中任务表现存在显著差异；低认知负荷条件下，学业不良生和学优生的进行中任务表现没有显著差异，高认知负荷条件下学业不良生受到的影响更大，验证了 Chen et al. (2017)的研究。学业不良生的中央执行功能较差(Kerns, 2000)，所以在完成简单任务时和学优生没有差异，但是在执行高认知负荷任务时，中央执行功能的缺陷就会凸显出来。

实验一和实验二的结果一致表明，低认知负荷条件下前瞻成分和回溯成分的正确率都高于高认知负荷条件，即进行中任务的认知负荷会同时影响到前瞻成分和回溯成分。根据预备注意和记忆加工理论，前瞻成分即对前瞻记忆线索的检索需要预先的预备注意加工，高认知负荷条件下被试可用的认知资源减少，因此检索成功的可能性降低，而低认知负荷条件下被试可用的认知资源增多，因此检索成功的可能性提高。Meier 和 Zimmermann (2015)认为前瞻意向内容的提取（回溯成分）需要认知资源从进行中任务中脱离出来并转换到前瞻记忆任务上，任务转换和提取依赖于相同的加工资源，因此高认知负荷条件下被试更难从进行中任务中脱离出来，进行中任务认知负荷对回溯成分产生影响。

4. 3 执行意向编码可以提高学业不良生的前瞻记忆表现

本研究表明，执行意向编码是提高学业不良生前瞻记忆表现的有效编码策略，拓宽了执行意向编码的适用群体，现有研究表明执行意向编码可以提高年轻人的前瞻记忆成绩（如，干加裙等，2017；2020）。然而，关于执行意向编码通过促进哪一成分的成绩来提高前瞻记忆成绩的结果存在争议。Zimmermann 和 Meier (2010)采用范畴前瞻记忆目标（动物类别）研究执行意向编码对不同生命周期群体前瞻记忆及其成分的影响，发现执行意向编码可以减少前瞻记忆的年龄差异，显著提高老年人的前瞻记忆表现，且主要促进前瞻成分的表现。而本研究以学业不良小学生为研究对象，采用具体的前瞻记忆目标，发现执行意向编码可以通过显著改善学业不良生的前瞻成分和回溯成分成绩来提高前瞻记忆表现。这可能是因为本研究中具体前瞻记忆目标和进行中目标的识别都属于知觉层面的

加工，加工需求的重叠以及相对简单的前瞻记忆目标识别可能促进了执行意向的优势效应。执行意向编码促进了前瞻记忆意向的可获得性，加强了前瞻成分和回溯成分之间的联系，提高了学业不良生从进行中任务中脱离出来并成功提取前瞻意向的能力。

本研究发现，在不同认知负荷条件下，执行意向编码都是一个有效的编码策略，可以显著改善学业不良生的前瞻记忆成绩，且不影响进行中任务的成绩。这一发现与陈幼贞等(2021)对大学生进行研究的结果一致，复述 4 遍前瞻记忆任务指导语提高了前瞻记忆任务的重要性，在高、低认知负荷条件下，执行意向编码的促进效果不存在显著差异，为执行意向能够改善学业不良生前瞻记忆成绩提供了有力支撑。执行意向编码加强了前瞻记忆线索和行为之间的联结，从而加深了前瞻记忆线索的编码痕迹，促进了前瞻记忆线索的相对自动加工(Rummel et al., 2012)，因此减少了任务执行过程中对认知资源和工作记忆的需求，弥补了学业不良生中央执行控制能力的不足，最终促使了学业不良生前瞻记忆成绩提升。但本研究仅在学业不良小学生群体中比较了执行意向编码和标准编码对前瞻记忆及其成分表现的作用，因此暂时无法直接推广到整个儿童群体。此外，本研究发现执行意向编码存在优势效应，这与 Kretschmer-Trendowicz 等人 (2021)的结论不同，他们发现执行意向编码不能有效改善儿童的前瞻记忆成绩，即使在高认知负荷条件下，执行意向编码也没有阻止前瞻记忆成绩下降，可能是因为对认知负荷和执行意向编码的操作不同导致的。认知负荷的操作方面，Kretschmer-Trendowicz 等人采用任务转换范式操作高、低认知负荷，而本研究采用 n-back 范式操作高、低认知负荷；执行意向编码的操作方面，Kretschmer-Trendowicz 等人要求被试大声重复 3 遍执行意向编码指导语并想象执行情境，而本研究要求被试重复 4 遍执行意向编码指导语并想象执行情境。因此，目前执行意向编码对儿童前瞻记忆影响的研究还很欠缺，且尚无定论未来研究可以进一步扩大研究群体，探索执行意向编码对儿童的影响。

执行意向编码对学业不良生前瞻成分的改善效果比对回溯成分的改善效果（对前瞻成分的正确率和反应时都有影响，而只影响回溯成分的正确率）更加突出。Kretschmer-Trendowicz 等人(2021)把被试对前瞻记忆线索的回忆或者再认成绩作为回溯成分成绩，发现回溯成分成绩在不同编码条件下无显著差异。而本研究中回溯成分正确率在不同编码条件具有显著差异，我们推测是因为本研究采用了更加严谨的前瞻记忆成分分离范式，而 Kretschmer-Trendowicz 等人(2021)只是在实验结束之后让被试进行回忆或者再认，操纵的严谨度不高。

另外，本研究发现执行意向编码可以通过改善前瞻成分和回溯成分成绩来提高学业不良生的前瞻记忆表现，而陈幼贞等(2021)的研究中却发现执行意向编码对大学生的回溯成分没有影响，执行意向的对前瞻记忆的促进效应是由前瞻成分促成的。出现这种差异我们认为一方面是被试群体不同，本研究选取的学业不良生为小学生，与陈幼贞等(2021)研究所选取的大学生群体的回溯记忆发展水平存在异质性，已有研究表明相比较成年人，回溯成分对儿童的前瞻记忆表现更加重要，回溯记忆在儿童期不断发展，成年期（大学生正处于该群体）达到很高的水平，在老年期相对下降(Mattli et al., 2014)，因此执行意向编码对小学生的回溯成分的促进效应明显，而对大学生的促进效果未能体现；另一方面，对执行意向编码的操纵不同，本研究要求被试重复之后再进行了想象，而陈幼贞等人（2021）只要求被试重复了 4 遍。未来研究可以进一步统一执行意向编码的操作，来探索执行意向编码对前瞻记忆不同成分的影响。

5 结论

综合以上两个实验结果，本研究发现：学业不良生的前瞻记忆、前瞻成分和回溯成分成绩都差于学优生；高认知负荷条件下的前瞻记忆、前瞻成分和回溯成分表现都比低认知负荷条件下更差；执行意向编码通过改善前瞻成分和回溯成分成绩来提高学业不良生前瞻记忆表现。

参考文献

Alotaibi R.M. & Ali K.J.(2021). Prospective memory in students with learning disabilities. *Specijalna edukacija i rehabilitacija*, *20*(3), 161-169.

Bi, R., Zheng, X. Y., Sun, M., & Wang, Y. (2019). The Impact of Absolute Importance and Cognitive Load on Event-based Prospective Memory. *Journal of Psychological Science*, *42*(01), 29-35.

[毕蓉，郑小阳，孙猛，魏萍，王岩. (2019). 绝对重要性和认知负荷影响基于事件的前瞻记忆. *心理科学*, *42*(01), 29-35.]

Chen, S. Y., & Zhou, R. L. (2010). Age-related Declines in Prospective Memory: Modulation of the Prospective and Retrospective Components. *Acta Psychologica Sinica*,*42*(6),640-650.

[陈思佚，周仁来. (2010). 前瞻记忆的年老化效应：前瞻成分和回溯成分的调节作用. *心理学报* *42*(6), 640-650.]

Chen, Y., Lian, R., Yang, L., Liu, J., & Meng, Y. (2017). Working memory load and reminder effect on event-based prospective memory of high-and low-achieving students in math. *Journal of learning disabilities*, *50*(5), 602-608.

Chen, Y. Z., Xin, C., & Hu, J. H. (2021). Effects of Cognitive Load and Encoding Modes on Prospective Memory and its Two Components. *Journal of Psychological Science*, *44*(3), 545-551.

[陈幼贞，辛聪，胡锦慧. (2021). 认知负荷与编码方式对前瞻记忆及其成分的影响. *心理科学*, *44*(3), 545-551.]

Dong, Y. Y., Zhou, R. L., & Guo, X. Y. (2008). An Experimental Research on Prospective Memory in Children with Learning Disabilities. *Chinese Journal of Special Education*, (7), 68-74.

[董云英，周仁来，郭秀艳. (2008). 学业不良儿童前瞻记忆的实验研究. *中国特殊教育*, (7), 68-74.]

Einstein, G. O., & Mcdaniel, M. A. (1990). Normal aging and prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*(4), 717-726.

Gan, J. Q., Guo, Y. X., Guo, Y. F., Zhang, Z., & Chen, Y. Z. (2017). The Effect of Implementation Intentions on Prospective Memory Under Different Cognitive Load. *Studies of Psychology and Behavior*, *15*(06), 743-749.

[干加裙，郭盈秀，郭云飞，张哲，陈幼贞. (2017). 执行意向在不同认知负荷下对前瞻记忆的影响. *心理与行为研究*, 15(06), 743-749.]

Gan, J. Q., Zhang, M. M., Hu, J. H., Guo,Y. F., & Chen, Y. Z. (2020). The Underlying Mechanism of Implementation Intention on Event-Based Prospective Memory. *Studies of Psychology and Behavior*, *018*(001), 53-59.

[干加裙，张曼曼，胡锦慧，郭云飞，陈幼贞. (2020). 执行意向影响事件性前瞻记忆的加工机制. *心理与行为研究*, 018(001), 53-59.]

Guo, Y. F., Gan, J. Q., Zhang, Z. Huang, T. H., & Chen, Y. Z. (2016). The Effects of Encoding Types, Cognitive Loading, and Number of Cues on Prospective Memory. *Journal of Psychological Science*, *39*(5), 1058-1063.

[郭云飞，干加裙，张哲，黄婷红，陈幼贞. (2016). 编码方式、认知负荷和线索数量对前瞻记忆的影响. *心理科学*, 39(5), 1058-1063.]

Hou, Z. S.(2020). *The Influence of Target Context Specification on Strategic Prospective Memory Monitoring and Two Components* (Unpubilshed master's thesis). Fujian Normal University, Fuzhou.

[侯宗树.(2020). *目标情境特定性对前瞻记忆策略监控及两种成分的影响*(硕士学位论文). 福建师范大学, 福州.]

Ji,L. L.(2012). *The Research on Prospective Memory of Children with LD: Evidence from ERP* (Unpubilshed master's thesis). Henan University, Kaifeng.

[纪莉莉. (2012). 学困儿童学瞻记忆的 ERP 研究(硕士学位论文). 河南大学, 开封.]

Kerns, K. A. (2000). The CyberCruiser: An investigation of development of prospective memory in children. *Journal of the International Neuropsychological Society, 6*(1), 62-70.

Kretschmer-Trendowicz, A., Kliegel, M., Goschke, T., & Altgassen, M. (2021). 'If-then' but when? Effects of implementation intentions on children's and adolescents' prospective memory. *Cognitive Development, 57*(7), 100998.

Li, X. M. (2020). *The Influence of Target Valence and Cognitive Load on Prospective Memory and its Components*(Unpubilshed master's thesis). Fujian Normal University, Fuzhou.

[李小美.(2020). *目标效价与认知负荷对前瞻记忆及其成分的影响*(硕士学位论文). 福建师范大学, 福州.]

Lian, Y. Y. (2020). *Effects of Target Characteristics and Task Importance on Prospective Memory and its Components*(Unpubilshed master's thesis). Fujian Normal University, Fuzhou.

[连艳.(2020). *目标特征与任务重要性对前瞻记忆及其成分的影响*(硕士学位论文). 福建师范大学, 福州.]

Mahy, C., Moses, L. J., & Kliegel, M. (2014). The development of prospective memory in children: An executive framework. *Developmental Review, 34*(4), 305-326.

Mattli, F., Schnitzspahn, K. M., Studerus-Germann, A., Brehmer, Y., & Zöllig, J. (2014). Prospective memory across the lifespan: Investigating the contribution of retrospective and prospective processes. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 21*(5), 515-543.

Mcdaniel, M. A., Howard, D. C., & Butler, K. M. (2008). Implementation intentions facilitate prospective memory under high attention demands. *Memory & Cognition, 36*(4), 716-724.

Meier, B., & Zimmermann, T. D. (2015). Loads and loads and loads: the influence of prospective load, retrospective load, and ongoing task load in prospective memory. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*, 322.

Ren, S. & Cai, D. (2019). Effects of Executive Function Training on Mathematics Skills for Math Learning Difficulty Students in a Primary School. *Studies of Psychology and Behavior,* (6), 63-71.

[任偲， 蔡丹. (2019). 执行功能训练对数学学习困难小学生数学能力的促进作用. *中国特殊教育,* (6), 63-71.]

Rummel, J., Einstein, G. O., & Rampey, H. (2012). Implementation-intention encoding in a prospective memory task enhances spontaneous retrieval of intentions. *Memory, 20*(8), 803-817.

Wang, G. W.(2010). *Developmental Study on Effects of Implementation Intention to Prospective Memory* (Unpubilshed master's thesis). Henan University, Kaifeng.

[王光武.(2010).*执行意向对前瞻记忆影响的发展研究*(硕士学位论文).河南大学，开封.]

Wang, L. Li, S. X. & Zhang, Q.(2016).The Efect of the Focality of Processing and Ongoing Task Load on Prospective M emory for Undergraduates with Diferent Cognitive Styles. *Psychological Development and Educaon, 32*(2), 149-157.

[王丽， 李寿欣， 张倩. (2016). 加工焦点性和任务负荷对不同认知方式大学生前瞻记忆的影响. *心理发展与教育,* 32(2), 149-157.]

Zhang, H. X. Chen, X. Y. Wang, D. Ma, J. & Zhou, R. L. (2016). Event-Based Prospective Memory in Learning Disability: A Multinomial Modeling Approach. *Chinese Journal of Clinical Psychology, 24*(005), 800-804.

[张红霞，陈小莹，王栋，马靓，周仁来. (2016). 学习困难儿童的事件性前瞻记忆:多项式加工树状模型的应用. *中国临床心理学杂志*, 24(005), 800-804.]

Zhang, Z. N. (2016). *The Impact of Ongoing Task Difficulty and Types of Cues on Prospective Memory between Excellent Students and Students with Learning Difficulties*(Unpubilshed master's thesis), Zhengzhou University.

[张振宁. (2016). *任务难度和靶线索对学困生与学优生前瞻记忆的影响*(硕士学位论文)，郑州大学.]

Zimmermann, T. D. , & Meier, B. . (2006). The rise and decline of prospective memory performance across the lifespan. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*(12), 2040-2046.

Zimmermann, T. D., & Meier, B. (2010). The effect of implementation intentions on prospective memory performance across the lifespan. *Applied Cognitive Psychology, 24*(5), 645-658.

(通讯作者:陈幼贞 E-mail:chenyouzhen08@163.com)

作者贡献声明：

张曼曼，林秋蓉，陈幼贞：提出研究思路，设计研究方案；

林秋蓉：进行实验；

林秋蓉，张曼曼：采集、清洗和分析数据；

张曼曼，林秋蓉，陈幼贞：论文起草；

张曼曼，陈幼贞：论文最终版本修订。

Cognitive Load and Encoding Methods on Prospective Memory and it’s Components of Pupils with Different Academic achievements

Zhang Manman Lin Qiurong Chen Youzhen
(School of Psychology, Fujian Normal University, Fuzhou 350117, China)

Abstract:

Prospective memory is the memory of executing an intentional behavior at a proper time or occasion in the future. Successful execution of prospective memory includes two components, prospective component and retrospective component. The prospective component refers to remembering to do something when a prospective cue is encountered, and the retrospective component is the retrieval of the content of the intention to be executed. Both the prospective and retrospective components are indispensable for the successful execution of prospective memory tasks. Low academic pupils have normal intelligence, but their actual academic achievement is below what their intellectual potential should achieve. As the failure of prospective memory is an important reason for academic failure in low academic pupils, it is important to identify the causes of poor prospective memory performance in low academic pupils. Do low academic pupils with underdeveloped central executive functions perform more poorly under high cognitive load conditions than low cognitive load conditions? Is implementation intention encoding, an effective encoding method for improving prospective memory performance, also effective for low academic pupils? Which component or both can implementation intention encoding improve?

In this study, we conducted two experiments to explore the above questions. Experiment 1 used the prospective memory task dissociation procedure to dissociate the prospective component and retrospective component. 38 pupils were recruited. The study adopted a mixed design of 2 (ability group: low academic pupils, high academic pupils) × 2 (cognitive load of ongoing tasks: high, low) with the latter as a within-subjects variable. Experiment 2 investigated how to improve the prospective memory of low academic pupils. 60 low academic pupils were recruited. The study adopted a mixed design of 2 (cognitive load of ongoing tasks: high, low) × 2 (encoding

method: standard encoding, implementation intention encoding) with the latter as a between-subjects variable.

The results of Experiment 1 showed that accuracy rates of prospective memory of low academic pupils were significantly lower than that of high academic pupils, furthermore accuracy rates of prospective component and retrospective component of low academic pupils were significantly lower than those of high academic pupils, and significantly lower accuracy rates in the high cognitive load condition than that in the low cognitive load condition. The interaction effects between ability group and cognitive load were not significant. The results of Experiment 2 confirmed that significantly lower accuracy rates in the high cognitive load condition than that in the low cognitive load condition and showed that the accuracy rates of prospective memory in the implementation intention encoding condition were significantly higher than those in the standard encoding condition, and the accuracy rates of prospective and retrospective components were also significantly higher than those in the standard encoding condition. Additionally, the interaction between cognitive load and encoding method was not significant.

The results indicated that low academic pupils performed worse in prospective memory performance and its components than high academic pupils; regardless of cognitive load, implementation intention encoding can improve the performance of low academic pupils' prospective memory performance by enhancing prospective and retrospective components.

Keywords：prospective memory, prospective component, retrospective component, academic achievement, cognitive load, encoding method